

Docket No.: 2336-259

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Sang Ho YOON

U.S. Patent Application No. *unassigned*

Filed: *filed herewith*

:
:
:
:
:
:

Confirmation No.

Group Art Unit: *unassigned*

Examiner: *unassigned*

For: SEMICONDUCTOR LASER DIODE WITH HIGHER-ORDER MODE ABSORPTION
LAYERS

CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

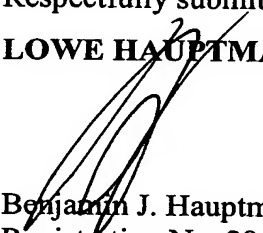
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims, in the present application, the priority of Korea Patent Application No. 2003-41617, filed June 25, 2003. The certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

LOWE HAUPTMAN GILMAN & BERNER, LLP


Benjamin J. Hauptman
Registration No. 29,310

1700 Diagonal Road, Suite 310
Alexandria, Virginia 22314
(703) 684-1111 BJH/ayh
Facsimile: (703) 518-5499
Date: March 30, 2004



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0041617
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 06월 25일
Date of Application JUN 25, 2003

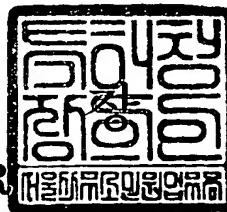
출원인 : 삼성전기주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.



2003 년 10 월 20 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0013
【제출일자】	2003.06.25
【국제특허분류】	H01L 5/30
【발명의 명칭】	고차모드 흡수층을 갖는 반도체 레이저 다이오드
【발명의 영문명칭】	Semiconductor Laser Diode Comprising Higher Order Mode Absorb Control Layers
【출원인】	
【명칭】	삼성전기 주식회사
【출원인코드】	1-1998-001806-4
【대리인】	
【성명】	손원
【대리인코드】	9-1998-000281-5
【포괄위임등록번호】	2002-047982-8
【대리인】	
【성명】	함상준
【대리인코드】	9-1998-000619-8
【포괄위임등록번호】	2002-047984-2
【발명자】	
【성명의 국문표기】	윤상호
【성명의 영문표기】	Y00N,Sang Ho.
【주민등록번호】	690427-1787531
【우편번호】	435-040
【주소】	경기도 군포시 산본동 한라2차아파트 420동 2003호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박 게오르기
【성명의 영문표기】	PAK,Gueorgui
【주소】	경기도 수원시 팔달구 매탄동 삼성2차아파트 5-1303호
【국적】	RU



1020030041617

출력 일자: 2003/10/22

【발명자】

【성명의 국문표기】 김인응

【성명의 영문표기】 KIM, In Eung

【주민등록번호】 560421-1029618

【우편번호】 463-020

【주소】 경기도 성남시 분당구 수내동 벽산아파트 105-201

【국적】 KR

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
손원 (인) 대리인
함상준 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 8 면 8,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 9 항 397,000 원

【합계】 434,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 킹크(kink) 수준을 향상시키고 더불어 광학손상(Catastrophic Optical Damage : COD) 수준을 향상시킬 수 있는 반도체 레이저 다이오드에 관한 것으로, 본 발명은 제1 도전형 반도체 기판과, 상기 기판 상에 형성된 제1 도전형 클래드층과, 상기 제1 도전형 클래드층 상면에 형성된 활성층과, 상기 활성층 상면에 형성되며, 리지 구조를 갖는 제2 도전형 클래드층과, 적어도 상기 리지구조 주위의 상기 제2 도전형 클래드층 상에 형성되고, 상기 활성층에서 생성되는 광에너지보다 낮은 에너지 밴드 갭을 갖는 적어도 하나의 고차모드 흡수층을 포함하며 상기 제2 도전형 클래드층의 굴절율보다 낮은 굴절율을 갖는 광제한층 및 상기 광제한층 상에 형성되며, 제1 도전형 반도체 물질로 이루어진 전류제한층을 포함하는 반도체 레이저 다이오드를 제공한다. 본 발명에 따른 반도체 레이저 다이오드는, 열화에 의한 광학손상(COD)을 감소시키기 위해 리지의 폭을 넓게 형성하고, 이에 수반하여 발생할 수 있는 고차모드에 의한 킹크의 발생을 억제하는 고차모드 흡수층을 구비함으로써 고출력이면서도 높은 광학손실(COD) 수준 및 높은 킹크 수준을 가지며, 이를 통해 높은 신뢰도와 고출력을 구현할 수 있다.

【대표도】

도 4

【색인어】

반도체, 레이저, 반도체 레이저, 레이저 다이오드, 광학손상, COD, 킹크

【명세서】

【발명의 명칭】

고차모드 흡수층을 갖는 반도체 레이저 다이오드{Semiconductor Laser Diode Comprising Higher Order Mode Absorb Control Layers}

【도면의 간단한 설명】

도 1 및 도 2는 종래의 반도체 레이저 다이오드의 일례를 나타내는 사시도이다.

도 3a는 반도체 레이저 다이오드의 폭 방향에 따른 레이저 출력을 도시한 그래프이다.

도 3b는 반도체 레이저 다이오드의 주입전류에 따른 레이저 출력을 도시한 그래프이다.

도 4a는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 반도체 레이저 다이오드의 사시도이다.

도 4b는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 반도체 레이저 다이오드의 단면도 및 그 단면에 따른 굴절율을 도시한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고차모드 흡수층의 두께와, 1차모드의 내부 손실과 기본모드의 내부 손실의 차와의 관계를 도시한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고차모드 흡수층의 두께와, 원시야 수평각과의 관계를 도시한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고차모드 흡수층의 두께와, 리지구조의 폭과의 관계를 도시한 그래프이다.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

31 : 제1 전극 32 : 제1 도전형 기판

33 : 제1 도전형 클래드층 34 : 활성층

35 : 제2 도전형 클래드층 35a : 리지

36a : 고차모드 흡수층 36b : 굴절을 조절층

37 : 광제한층 38 : 전류제한층

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<15> 본 발명은 반도체 레이저 다이오드에 관한 것으로, 보다 상세하게는 초 격자 구조의 고차모드 흡수층을 형성함으로써 킹크(kink) 수준을 향상시키고 더불어 광학손상(Catastrophic Optical Damage : COD) 수준을 향상시킬 수 있는 반도체 레이저 다이오드에 관한 것이다.

<16> 일반적으로 반도체 레이저 다이오드는 CD-RW나 DVD-RW 등과 같은 광디스크 시스템의 광픽업장치를 위한 광원으로 뿐만 아니라 정보·화상처리, 계측, 통신 및 의료 등의 다양한 분야에 광범위하게 적용되고 있다. 이와 같이 다양한 분야에서 사용되는 반도체 레이저 다이오드는 고출력이면서도 높은 광학손상(Catastrophic Optical Damage : COD) 수준 및 높은 킹크(kink) 수준이 요구되고 있다.

<17> 도 1은 종래의 고출력 반도체 레이저 다이오드의 일례를 도시하고 있다. 도 1에 도시된 바와 같이 상기 고출력 반도체 레이저 다이오드는 하면에 제1 전극(11)이 형성된 제1 도전형

반도체 기판(12) 상에 제1 도전형 클래드층(13), 다중 양자우물 구조(Multi-Quantum Well)를 갖는 활성층(14), 리지구조(15a)가 형성된 제2 도전형 클래드층(16)이 순차적으로 형성된다. 또한 리지 주위에는 전류제한층(16)이 형성되고, 상기 전류제한층(16)과 리지구조(15a)의 상면에는 콘택층(17) 형성되고, 상기 콘택층(17)의 상면에는 제2 전극(18)이 차례로 형성된다.

<18> 상기와 같은 구조의 종래의 반도체 레이저 다이오드에서는 레이저의 출력을 높이기 위해 급한 경사를 갖는 폭이 좁은 리지(15a)를 형성한다. 이러한 급한 경사의 리지(15a)를 형성하기 위해서는 플라즈마를 이용한 건식 에칭 공정이 사용된다. 이와 같이 경사가 급하고 폭이 좁은 리지(15a)를 사용하면, 활성층(14)에서 레이저가 발생하는 영역(x)이 좁아지기 때문에 키크(kink) 수준이 향상되고 레이저의 출력을 높일 수 있으나, 레이저가 발생하는 영역이 좁기 때문에 단위 면적당 광밀도가 상승하여 광학손실(COD)이 커져 광출력이 저하되며, 심지어는 발진이 중단되는 문제가 발생된다. 이러한 문제의 원인은 반도체 레이저 다이오드의 광출사단면에서 그 활성층으로부터 발진되는 빛이 흡수되면서 단면의 온도를 상승시키고, 심한 경우에는 그 부분을 용융시켜 소자를 파괴시키기 때문이다.

<19> 또한, 플라즈마를 이용한 건식 에칭 공정을 사용하는 경우, 에칭 부위에 플라즈마로 인한 손상이 남아 반도체 레이저 다이오드의 특성에 악영향을 주며 반도체 레이저 다이오드의 신뢰도를 저하시키는 문제가 있다.

<20> 도 2는 종래의 고출력 반도체 레이저 다이오드와 다른 예를 도시하고 있다. 도 2에 도시된 바와 같이 상기 반도체 레이저 다이오드는 하면에 제1 전극(21)이 형성된 제1 도전형 반도체 기판(22) 상에 제1 도전형 클래드층(23), 다중 양자우물 구조(Multi-Quantum Well)를 갖는 활성층(24), 리지구조(25a)가 형성된 제2 도전형 클래드층(25)이 순차적으로 형성된다. 상기

제2 도전형 클래드층(25) 상면에는 상기 제2 도전형 클래드층(25)의 굴절율보다 낮은 굴절율을 갖고, 상기 제2 도전형 클래드층(25)에 형성된 리지 구조(25a)보다 넓은 폭을 갖는 리지 구조(26a)가 형성된 광제한층(26)이 형성되며, 상기 광제한층의 주변에는 제1 도전형 반도체 물질로 이루어진 전류제한층(27)이 차례로 형성되어 있다.

<21> 상기 반도체 레이저 다이오드는 상기 제2 도전형 클래드층(25)에 높은 굴절율을 갖는 물질로 이루어진 리지 구조(25a)를 습식 에칭 공정을 통해 형성하고, 산화막을 사용하지 않고서 2차 성장을 시켜 상기 제2 도전형 클래드층(25)의 굴절율보다 낮은 굴절율을 갖는 광제한층(26)을 형성하고, 이어 3차 성장을 통해 제1 도전형 반도체 물질로 이루어진 전류제한층(27)을 형성한다. 이와 같은 구조의 반도체 레이저 다이오드에서는 상기 제2 도전형 클래드층(25)에 형성된 리지 구조(25a)는 광제한 영역(y)을 형성하고 상기 광제한층(26)에 의해 형성된 리지 구조(26a)는 전류제한 영역(z)를 형성하게 된다.

<22> 이와 같이, 상기 반도체 레이저 다이오드는 전류제한(carrier confinement)과 광제한(optical confinement)을 분리시켜 리지의 폭을 확장시킴으로써 광학손실(COD) 수준을 높이고 있다. 그러나, 상기 반도체 레이저 다이오드는 리지의 폭이 확장됨으로 인해 단위 면적당 광밀도를 줄여 광학손실(COD)의 수준을 향상시키고 있지만, 공급되는 발진되는 레이저의 광출력이 증가할 때 고차모드의 발생으로 인하여 킥(kink) 수준이 떨어지는 문제점이 있다. 이하, 상기 킥(kink)에 대해 도 3을 통해 보다 상세하게 설명한다.

<23> 도 3a는 반도체 레이저 다이오드의 폭방향에 따른 레이저 출력을 도시한 그래프이다. 도 3에 도시된 바와 같이 반도체 레이저 다이오드가 작동을 시작하여 정상적인 작동이 진행되는 경우, 반도체 레이저 다이오드의 레이저 출력은 활성층의 폭 중심, 즉 리지 폭의 중심 부분에

해당하는 활성층에서 레이저 출력의 피크가 존재하는 가우스 곡선을 그리게 된다. 이 경우를 기본모드에 의한 레이저 출력이라고 한다. 그러나 레이저 출력이 증가하면서, 활성층의 중심에 존재하는 전자와 정공의 수가 감소하고 이러한 감소가 일정수준에 이르면, 활성층의 중심에서 좌우로 소정의 간격으로 이격된 부분에서 두 개의 레이저 출력 피크가 나타난다(영역 A와 영역 B). 이를 1차 모드에 의한 레이저출력이라고 하며, 광출력이 더 진행될수록 이러한 피크의 개수는 보다 증가하는데, 기본 모드 이외의 모드를 고차모드라 한다. 또한 이러한 고차모드로 인해 반도체 레이저 다이오드의 출력 저하를 일으키게 되는 문제점을 킹크(kink)라고 한다.

<24> 도 3b는 상기 킹크(kink)가 발생하는 경우 반도체 레이저 다이오드의 주입전류와 광출력 간의 관계를 도시한 그래프이다. 도 3b에 도시된 바와 같이 주입전류가 증가할수록 발진되는 레이저의 광출력은 점차 증가하다가 일정 수준(I_0)이 되면 더 이상 선형적인 증가를 못하게 된다. 이는 고차모드에 의한 킹크(kink)가 발생하기 때문이다. 도 3b에서 광출력이 증가하다가 꺾이는 부분이 킹크(kink)가 발생하는 부분이다.

<25> 이와 같이 고차모드가 발생하면, 킹크(kink)가 발생하게 되고, 이들로 인해 레이저의 조사 위치 및 레이저의 출력 등에 관한 레이저의 특성을 저하시키는 문제점이 있으므로, 킹크(kink)가 발생하는 수준을 높게 하여 안정적으로 고출력의 레이저 발진이 이루어지게 하는 것이 중요하다.

<26> 따라서, 당 기술분야에서는, 고출력의 레이저가 발진되는 경우에도 광학손실(COD)이 발생하지 않으면서, 동시에 고차모드의 발생을 억제하여 킹크(kink)가 발생하는 수준을 높여 안

정적으로 고효율의 레이저 발진을 이룰수 있는 새로운 반도체 레이저 다이오드의 구조가 요구되어 왔다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<27> 본 발명은 상기한 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 그 목적은 반도체 레이저 다이오드의 광출력을 증가시키는 경우 발생할 수 있는 킹크를 고차모드 흡수층을 통해 흡수하여 킹크(kink) 수준을 향상시킴으로써 초출력에서도 광손실(COD)이 발생하지 않고 동시에 높은 킹크(kink) 수준을 갖는 반도체 레이저 다이오드 및 그 제조방법을 제공하는데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<28> 상기한 기술적 과제를 달성하기 위해서, 본 발명은,

<29> 제1 도전형 반도체 기판과, 상기 기판 상에 형성된 제1 도전형 클래드층과, 상기 제1 도전형 클래드층 상면에 형성된 활성층과, 상기 활성층 상면에 형성되며, 리지 구조를 갖는 제2 도전형 클래드층과, 적어도 상기 리지구조 주위의 상기 제2 도전형 클래드층 상에 형성되고, 상기 활성층에서 생성되는 광에너지보다 낮은 에너지 밴드 갭을 갖는 적어도 하나의 고차모드 흡수층을 포함하며 상기 제2 도전형 클래드층의 굴절율보다 낮은 굴절율을 갖는 광제한층 및 상기 광제한층 상에 형성되며, 제1 도전형 반도체 물질로 이루어진 전류제한층을 포함하는 반도체 레이저 다이오드를 제공한다.

- <30> 본 발명의 바람직한 실시형태에서는 상기 광제한층은 상기 고차모드 흡수층의 굴절율보다 낮은 굴절율을 갖는 적어도 하나의 굴절율조절층을 더 포함하며, 상기 굴절율조절층은 상기 고차모드 흡수층과 교대로 적층되고, 상기 광제한층은 상기 고차모드 흡수층의 굴절율과 굴절율조절층의 굴절율의 평균과 거의 동일한 굴절율을 갖는 저굴절율층을 더 포함한다.
- <31> 또한, 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 고차모드 흡수층은 제2 도전형 AlGaAs계 물질 또는 제2 도전형 또는 AlGaInP계 물질이며 상기 굴절율 조절층은 제2 도전형 AlGaAs계 물질 또는 제2 도전형 또는 AlGaInP계 물질이다. 이때, 상기 고차모드 흡수층은, 상기 활성층에서 생성되는 광의 파장이 흡수되는 에너지 밴드갭을 갖도록 결정할 수 있는 Al함유량을 가지며, 상기 굴절율 조절층은 상기 광제한층의 굴절율이 상기 제2 도전형 클래드층의 굴절율보다 낮아지도록 상기 고차모드 흡수층의 Al함유량보다 높은 Al함유량을 갖는다.
- <32> 이와 같이, 본 발명에 따른 반도체 레이저 다이오드는 제2 클래드층의 상부에 형성된 광제한층에 고차모드에 의한 광 에너지를 흡수하기 위한 고차모드 흡수층을 구비함으로써 광 출력을 증가시키는 경우 발생할 수 있는 고차 모드에 의한 킥(kink)을 제거할 수 있다.
- <33> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 반도체 레이저 다이오드의 일 실시예를 상세하게 설명한다. 이하에 설명되는 반도체 레이저 다이오드의 일 실시형태는 780nm 파장의 레이저를 발진시키는 AlGaAs계 반도체 레이저 소자에 대한 것이나, 본 발명이 이에 한정되는

것이 아니므로 하기에 설명되는 실시예는 650nm 파장의 레이저를 발진시키는 AlGaInP계 반도체 레이저 소자에도 적용될 수 있다는 사실은 당업자에게 자명하다.

<34> 도 4a는 본 발명에 따른 고차모드 흡수층을 갖는 반도체 레이저 다이오드의 일 실시예이다. 도 4a에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 반도체 레이저 다이오드는 그 배면에 합금으로 이루어진 제1 전극(31)이 형성된 제1 도전형 반도체 기판(32)과, 상기 기판 상에 형성된 제1 도전형 클래드층(33)과, 상기 제1 클래드층(33) 상면에 형성된 활성층(34)과, 상기 활성층(34) 상면에 형성되며, 리지(ridge) 구조(35a)를 갖는 제2 도전형 클래드층(35)과, 상기 제2 도전형 클래드층(35)의 상부에 형성되며, 상기 제2 클래드층(35)보다 낮은 굴절율을 갖는 광제한층(36)을 구비한다. 상기 광제한층(36)은, 활성층(34)에서 생성되는 광에너지보다 낮은 에너지 밴드 갭을 갖는 고차모드 흡수층(36a)과 상기 고차모드 흡수층(36a)보다 낮은 굴절율을 갖는 굴절율 조절층(36b)을 각각 세 개씩 포함한다. 본 실시예에서는 상기 고차모드 흡수층(36a)과 굴절율 조절층(36b)이 각각 세 개씩 번갈아 적층된 구조를 설명하고 있으나, 그 개수는 3개에 한정되는 것은 아니다. 또한 상기 광제한층(36)은 상기 고차모드 흡수층(36a)의 굴절율과 굴절율조절층(36b)의 굴절율의 평균과 거의 동일한 굴절율을 갖는 저굴절율층(36c)를 더 포함한다. 상기 광제한층(36)의 상면에는 제1 도전형 반도체 물질로 이루어진 전류제한층(37) 형성된다.

<35> 상기 제1 도전형 반도체 기판(32)은 n형 GaAs기판이며, 상기 제1 도전성 클래드층(33)과 제2 도전성 클래드층(34)은 각각 n형과 p형인 AlGaAs 물질로 이루어지며, 상기 활성층(33)은 소정의 발진 파장의 다중양자우물구조로 이루어진다. 이와 같은 각 층은 앞서 제시된 순서에 의해 연속적인 공정으로 형성되는데, 이를 1차 성장과정이라고 한다. 또한, 상기 기판(32)에는

배면에 제1 전극(31)이 마련되어 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 한편, 도시되지는 않았으나, 상기 기판(32)과 제1 도전성 클래드층(33) 사이에는 n형 GaAs로 이루어진 버퍼층(미도시)을 추가할 수도 있으나, 상기 버퍼층은 기판과 제1 클래드층(33)의 결정정합을 위한 층에 불과하므로 기판(32)에 포함된 의미로 사용된다.

<36> 이와 같이, 1차 성장과정이 완료되면, 상기 제2 도전성 클래드층(35) 상에 마스크를 형성한다. 상기 마스크가 배치되는 영역은 리지가 형성되는 영역이다. 즉, 마스크가 형성된 부위는 이후의 에칭 공정에 의해 식각되지 않음으로써 리지가 형성될 수 있다. 상기 마스크로는 SiO₂막과 같은 산화막 또는 SiN막과 같은 질화막 등의 유전체막이 사용될 수 있으며, 상기 제2 클래드층(35) 내에는 에칭 정지층이 포함되어 에칭에 의해 제2 클래드층(35)이 과도하게 식각되는 것을 방지할 수 있다. 이어, 에칭공정을 통해 상기 제2 도전성 클래드층(35)에 리지(35a)를 형성한다.

<37> 이어, 리지(35a)가 형성된 상기 제2 도전성 클래드층(35) 상에 고차모드 흡수층(36a)과 굴절율조절층(36b)와 저굴절율층(36c)를 갖는 광제한층(36)을 형성한다. 본 실시예에서 상기 광제한층(36)은 고차모드 흡수층(36a)과 굴절율조절층(36b)와 저굴절율층(36c)을 모두 포함하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 본 실시예에서 상기 광제한층의 하부, 즉 상기 제2 도전성 클래드층(35)과 접하는 부분에는 고차모드에 의한 광에너지를 흡수하기 위한 고차모드 흡수층(36a) 및 상기 고차모드 흡수층에 의한 굴절율 감소를 보정하기 위한 굴절율 조절층(36b)이 각각 3개씩 번갈아 적층된다. 상기 고차모드 흡수층(36a)과 굴절율 조절층(36b)는 고차모드

에 의한 광에너지를 흡수함과 동시에, 리지영역(35a)의 광이 통과하는 것을 제한하는 역할을 수행하게 된다.

<38> 본 실시예에서는 먼저 상기 제2 도전성 클래드층(35) 상면에 고차모드 흡수층(36a)을 형성한다. 상기 고차모드 흡수층(36a)은 p형 AlGaAs층으로 에너지 밴드갭을 광에너지보다 낮게 설정하기 위해 Al의 조성을 감소시킨다. 본 실시예에서 상기 고차모드 흡수층(36a)은 Al 조성을 0.106 wt%로 한다. 2차 모드에 의해 리지 폭의 바깥 영역에서 피크를 형성하는 광에너지(도 3의 영역 A와 영역 B)는 그 에너지 보다 낮은 에너지 밴드갭을 갖는 상기 고차모드 흡수층(36a)에 흡수된다. 이와 같이, 고차모드 흡수층(36a)을 통해 고차 모드의 광에너지를 흡수함으로써 고차모드의 발생 및 킹크(kink)를 억제하고 기본모드에 의한 광출력을 보다 향상시키게 된다. 또한, 상기 고차모드 흡수층(36a)의 두께는 반도체 레이저 다이오드의 특성에 영향을 미치게 되는데, 이에 대해서는 하기에서 보다 상세하게 설명하기로 한다.

<39> 한편, 상기 고차모드 흡수층(36a)은 상기한 바와 같이 매우 낮은 Al 조성을 갖기 때문에 굴절율이 높아지며, 이로 인해 빛이 통과하기 쉬워진다. 빛은 리지의 내부로 제한되어야 하므로 상기 고차모드 흡수층(36a)에 의한 굴절율 상승을 보상하기 위한 굴절율 조절층(36b)이 고차모드 흡수층(36a) 상면에 형성된다. 상기 굴절율 조절층(36b)의 굴절율 조절을 통해 상기 고차모드 흡수층(36a)의 굴절율과 굴절율 조절층(36b)의 굴절율의 평균은 상기 제2 도전성 클래드층(35)의 굴절율보다 낮게 설정되어야 한다. 이는 상기 고차모드 흡수층(36a) 및 굴절율 조절층(36b)이 리지(35a) 외부로의 광 진행을 저지하는 광제한층의 역할을 동시에 수행해야 하기 때문이다. 본 실시예에서 상기 굴절율 조절층(36b)은 p형 AlGaAs계 물질로서 Al의 조성을 0.7 wt%로 한다.

- <40> 본 실시예는 상기 제2 도전성 클래드층(35)의 상면에 먼저 고차모드 흡수층(36a)을 형성하고 이어 고차모드 흡수층(36a)의 상면에 굴절을 조절층(36b)을 형성하였으나 이에 한정되는 것은 아니며 그 순서를 달리하여도 무관한다.
- <41> 상기 고차모드 흡수층(36a)과 굴절을 조절층(36b)은 각각 적어도 하나 이상(본 실시예에서는 3개) 적층된다. 상기 고차모드 흡수층(36a)의 두께는 상대적으로 얇아야 한다. 이는, 고차모드 흡수층(36a)의 두께가 두꺼우면, 낮은 Al 함유량을 갖는 상기 고차모드 흡수층(36a)은 굴절율이 높기 때문에 두꺼운 두께 만큼 광제한이 이루어지지 않기 때문이다. 다시 말하면, 상기 고차모드 흡수층(36a)은 굴절율이 높기 때문에 그 두께만큼 광이 진행하므로 광제한의 효과가 떨어지기 때문이다. 따라서, 상기 고차모드 흡수층(36a) 및 굴절을 조절층(36b)이 상대적으로 그 두께가 얇아야 하며, 이로 인해 하나의 고차모드 흡수층(36a)만으로는 고차모드에 의한 광에너지를 충분히 흡수할 수 없기 때문에, 고차모드 흡수층(361)과 굴절을 조절층(362)을 쌍을 복수개 번갈아 적층하는 것이 바람직하다.
- <42> 이어, 상기 고차모드 흡수층(36a)과 굴절을 조절층(36b)이 교대로 적층된 상면에 저굴절율층(36c)이 형성될 수 있다. 이 저굴절율층(36c)의 굴절율은 상기 제2 클래드층(35)의 굴절율보다 낮게 설정되어 광이 리지의 외부로 진행하는 것을 저지한다. 특히, 상기 저굴절율층(36c)의 굴절율은, 상기 고차모드 흡수층(36a)의 굴절율과 굴절을 조절층(36b)의 굴절율의 평균과 거의 동일하거나 낮은 것이 바람직하다. 이는 상기 고차모드 흡수층(36a)과 굴절을 조절층(36b)에 의해 이루어지는 광제한과 거의 동일한 수준의 광제한을 수행할 수 있기 때문이다. 본 실시예에서 상기 저굴절율층(36c)은 p형 AlGaAs층이고, Al의 조성은 0.48 wt%이다. 만일, 교대



로 적층된 상기 고차모드 흡수층(36a)과 굴절을 조절층(36b)만으로 충분한 광제한이 이루어진다면, 상기 저굴절율층(36c)은 형성되지 않을 수도 있다.

<43> 이어, 상기 광제한층(36)의 주위에 전류를 리지영역으로 모으기 위한 전류제한층(37)을 형성한다. 상기 전류제한층(37)은 제1 도전형 반도체 물질로 이루어지며, 전류가 반도체 레이저 다이오드의 양단부로 퍼지는 것을 방지하여 리지 영역으로 전류를 주입하기 위한 것이다. 상기 전류제한층(37)을 형성한 후 상기 기판이 배면에 합금으로 이루어진 제1 전극(31)을 형성하고, 상기 전류제한층(37) 및 광제한층(36)의 상면에 합금으로 이루어진 제2 전극(미도시)을 형성할 수 있다. 이 때, 상기 전류제한층(37)과 제2 전극 사이에는 오믹(Ohmic) 콘택(contact)층(미도시)이 형성될 수도 있다.

<44> 도 4b는 본 발명에 따른 반도체 레이저 다이오드의 단면에 따른 각 층의 굴절율의 크기를 그래프로 도시한 것이다. 상기에 설명한 바와 같이 광이 리지의 외부로 진행하는 것을 방지하기 위해 제2 도전형 클래드층(35)의 굴절율은 상기 광제한층(36)의 굴절율보다 높다. 고차모드 흡수층(36a)은 에너지 밴드갭을 광에너지보다 낮게 설정하기 위해 Al의 조성이 낮으므로 굴절율이 상기 제2 도전형 클래드층(35)의 굴절율보다 높아질 수 있다. 이를 보상하기 위해 굴절율 조절층(36b)의 Al의 조성을 높여 굴절율을 매우 낮게 설정하여 상기 고차모드 흡수층(36a)의 굴절율과 굴절율 조절층(36b)의 굴절율의 평균이 상기 제2 도전형 클래드층(35)의 굴절율보다 낮게 조정함으로써, 상기 고차모드 흡수층(36a)과 굴절율 조절층(36b)를 통해 광제한이 이루어질 수 있게 한다. 보다 충분한 광제한을 위해 형성되는 저굴절율층(36c)의 굴절율은 상기

고차모드 흡수층(36a)의 굴절율과 굴절율 조절층(36b)의 굴절율의 평균과 거의 동일하거나 낮게 되는 것이 바람직하다.

<45> 이하에서는, 상기 고차모드 흡수층의 두께와 반도체 레이저 다이오드의 특성과의 관계에 대해 첨부된 도면을 이용하여 보다 상세하게 설명한다. 하기에 설명되는 값들은 상기 본 발명의 실시예에서 설명된, Al 조성이 0.106 wt%인 고차모드 흡수층을 갖는 반도체 레이저 다이오드에 대한 실험값으로 본 발명의 이해를 돕기 위한 설명이다. 따라서 이하에 설명에 제시되는 수치에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니다.

<46> 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고차모드 흡수층의 두께와, 1차모드의 내부 손실과 기본모드의 내부 손실의 차와의 관계를 도시한 그래프이다. 일반적으로, 반도체 레이저 다이오드에서 레이저의 발진은 광자(photon)의 자극 방출에 의한 것이다. 하나의 광자가 단위 길이를 통과할 때, 자극 방출에 의해 방출되는 광자의 수를 광이득(optical gain)이라고 하며, 이때, 방출되었다가 다시 흡수되는 광자의 수를 내부 손실(internal loss)라 한다. 반도체 레이저 다이오드에서, 고차모드에 의한 레이저 발진은 제거되는 것이 바람직하므로, 고차모드에 의한 내부 손실은 커야하고 기본모드에 의한 내부 손실은 작아야 한다. 다시 말하면, 고차모드에 의한 내부 손실과 기본모드에 의한 내부손실의 차가 커야한다.

<47> 도 5는 일차모드에서의 내부 손실과 기본모드에서의 내부 손실의 차를 고차모드 흡수층의 두께에 따라 도시한 것으로, 고차모드 흡수층의 두께가 증가할수록 고차모드의 내부 손실과 기본모드의 내부 손실의 차가 커짐을 알 수 있다. 즉, 고차모드 흡수층의 두께가 증가할수록,

고차모드에 의한 내부 손실이 증가하여 그 차가 커지는 것이다. 다시 말하면, 고차모드 흡수층의 두께가 증가할수록, 고차모드에 의한 레이저 발진이 감소하고, 기본모드에 의한 레이저 발진이 커져 킥(kink) 수준이 상승하게 된다고 할 수 있다.

<48> 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고차모드 흡수층의 두께와, 원시야 수평각(far field horizontal : FFH)과의 관계를 도시한 그래프이다. 도 6에 도시된 바와 같이 고차모드 흡수층의 두께가 증가할수록 원시야 수평각(FFH)은 감소한다. 원시야 수평각(FFH)은 반도체 레이저 다이오드의 광출사단면에서 레이저가 반도체 외부로 방출될 때, 수평방향으로 퍼져나가는 각도를 말하는 것으로, 고차모드 흡수층의 두께가 증가할수록 수평방향으로 퍼져나가는 각도가 감소하게 된다. 이는, 상기에 설명한 바와 같이 굴절율이 큰 고차모드 흡수층의 두께가 증가하면 반도체 레이저 다이오드 내부에서 광제한이 잘 이루어지지 않기 때문에 리지 주위로 광이 퍼지게 되고, 퍼진 상태의 광이 반도체 레이저다이오드의 외부로 방출되면서 회절에 의해 그 방출 각도가 감소하게 되기 때문이다. 따라서, 본 발명에서는 흡수층 및 굴절률 조절층을 조절하여 원시야 수평각(FFH)를 조절하는 기능도 함께 수행할 수 있다.

<49> 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고차모드 흡수층의 두께와, 리지구조의 폭과의 관계를 도시한 그래프이다. 도 7에서 직선의 아랫부분이 기본모드에 의한 레이저 발진이 발생하는 영역이고 직선의 윗부분은 고차모드에 의한 레이저 발진이 발생하는 영역이다. 즉 도 7의 직선은 기본모드에 의한 레이저 발진과 고차모드에 의한 레이저 발진이 발생하는 경계가 된다. 예를 들면, 고차모드 흡수층의 두께가 70Å일 때, 리지구조 하단의 폭이 2.5 μ m 보다 크면 고차모드에 의한 레이저 발진이 발생하고, 2.5 μ m 보다 작으면 기본모드에 의한 레이저 발진이

발생하게 된다. 다시 설명하면, 리지 구조의 폭이 넓은 경우 레이저가 발진하는 폭이 넓어지기 때문에 고차모드에 의한 발진이 발생하기 쉽다. 따라서 이 경우 고차모드에 의한 광출력 흡수를 증가시키기 위해서 고차모드 흡수층의 두께가 커져야 하는 것이다.

<50> 이와 같이, 상기 고차모드 흡수층의 두께는 고차모드에 의한 광출력 흡수의 효율과, 반도체 레이저 다이오드에서 방출되는 레이저의 원시야 수평각(FFH) 및 반도체 레이저 다이오드에 형성되는 리지의 폭과 밀접한 관계를 형성한다. 즉, 원하는 규격의 반도체 레이저 다이오드를 제작하기 위해 상기 고차모드 흡수층의 두께는 적절히 조정될 수 있다.

<51> 이상에서 설명된 본 발명의 일 실시형태는 AlGaAs계 반도체 레이저 소자에 대한 것이나, 이를 650nm 파장의 레이저를 발진시키는 AlGaInP계 반도체 레이저 소자에도 적용시키면 다음과 같다. 상기 제1 도전형 기판은 n형 GaAs 기판이며, 상기 제1 도전형 클래드층과 제2 도전형 클래드층은 각각 n형과 p형인 AlGaInP 물질로 이루어지며, 상기 고차모드 흡수층은 p형 AlGaInP층으로 에너지 밴드갭을 광에너지보다 낮게 설정하기 위해 Al의 조성이 매우 낮으며, 상기 굴절율 조절층은 p형 AlGaInP계 물질로서 Al의 조성을 높게하여, 상기 고차모드 흡수층과 굴절율 조절층의 평균 굴절율이 상기 제2 도전형 클래드층의 굴절율보다 낮게 조절하며, 상기 저굴절율층은 p형 AlGaInP층이고, 그 굴절율은 상기 상기 고차모드 흡수층과 굴절율 조절층의 평균 굴절율과 같다.

- <52> 이상에서 본 발명의 실시예를 통해 설명한 바와 같이, 본 발명의 특징은 반도체 레이저 다이오드의 광출력이 증가할 때, 발생하는 고차모드에 의한 킹크를 방지하기 위해, 고차모드에 의한 광에너지를 흡수하는 에너지 밴드갭이 낮은 고차모드 흡수층을 형성하는데 있다.
- <53> 나아가 고차모드 흡수층은 높은 굴절율을 가지므로 이러한 굴절율을 보상하기 위해 굴절율 조절층을 상기 고차모드 흡수층의 상면에 설치하여 상기 고차모드 흡수층의 굴절율과 굴절율 조절층의 굴절율의 평균이 리지가 형성된 제2 클래드층의 굴절율보다 낮게 함으로써 광이 리지 영역 밖으로 방출되는 것을 제한하는데 그 부가적인 특징이 있다. 결과적으로 본 발명에 의하면, 고차모드에 의한 광에너지를 흡수하고 광의 확산을 방지함으로써 고출력이면서도 킹크 수준이 높은 반도체 레이저 다이오드를 제공할 수 있다.
- <54> 이상에서 설명한 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 첨부된 청구범위에 의해 한정된다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 명백할 것이다.

【발명의 효과】

- <55> 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 반도체 레이저 다이오드는, 열화에 의한 광학손실 (COD)을 감소시키기 위해 리지의 폭을 넓게 형성하고, 이에 수반하여 발생할 수 있는 고차모드에 의한 킹크의 발생을 억제하기 위해 고차모드에 의한 광에너지를 흡수하는 고차모드 흡수층

을 구비함과 동시에 리지 영역 밖으로 방출되는 광을 제한함으로써 고출력이면서도 높은 광학 손실(COD) 수준 및 높은 키크 수준을 갖는 장점이 있다.



【특허청구범위】

【청구항 1】

제1 도전형 반도체 기판;

상기 기판 상에 형성된 제1 도전형 클래드층;

상기 제1 도전형 클래드층 상면에 형성된 활성층;

상기 활성층 상면에 형성되며, 리지 구조를 갖는 제2 도전형 클래드층;

적어도 상기 리지구조 주위의 상기 제2 도전형 클래드층 상에 형성되고, 상기 활성층에서 생성되는 광에너지보다 낮은 에너지 밴드 갭을 갖는 적어도 하나의 고차모드 흡수층을 포함하며 상기 제2 도전형 클래드층의 굴절율보다 낮은 굴절율을 갖는 광제한층; 및

상기 광제한층 상에 형성되며, 제1 도전형 반도체 물질로 이루어진 전류제한층을 포함하는 반도체 레이저 다이오드.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 광제한층은 상기 고차모드 흡수층의 굴절율보다 낮은 굴절율을 갖는 적어도 하나의 굴절율조절층을 더 포함하며, 상기 굴절율조절층은 상기 고차모드 흡수층과 교대로 적층된 것을 특징으로 하는 반도체 레이저 다이오드.

【청구항 3】

제1항에 있어서,



상기 광흡수층은, 상기 고차모드 흡수층의 굴절율과 굴절율조절층의 굴절율의 평균과 동일하거나 보다 낮은 굴절율을 갖는 저굴절율층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저 다이오드.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 반도체 레이저 다이오드는, 상기 광제한층 상에 제1 도전형 반도체 물질로 이루어진 전류제한층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저 다이오드.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 고차모드 흡수층은 제2 도전형 AlGaAs계 또는 AlGaInP계 물질임을 특징으로 하는 반도체 레이저 다이오드.

【청구항 6】

제2항에 있어서,

상기 굴절율 조절층은 제2 도전형 AlGaAs계 또는 AlGaInP계 물질임을 특징으로 하는 반도체 레이저 다이오드.

【청구항 7】

제5항에 있어서,

상기 고차모드 흡수층은, 상기 활성층에서 생성되는 광의 파장이 흡수되는 에너지 밴드 갭을 갖도록 결정할 수 있는 Al함유량을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저 다이오드.



【청구항 8】

제6항에 있어서,

상기 굴절을 조절층은 상기 광제한층의 굴절율이 상기 제2 도전형 클래드층의 굴절율보다 낮아지도록 상기 고차모드 흡수층의 Al함유량보다 높은 Al함유량을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 레이저 다이오드.

【청구항 9】

제1 도전형 반도체 기판;

상기 기판 상에 형성된 제1 도전형 클래드층;

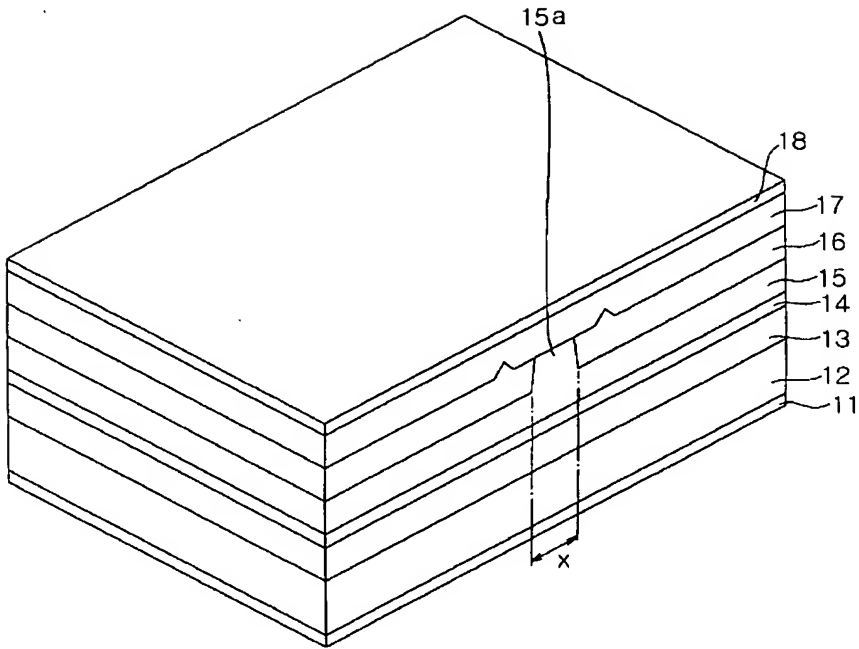
상기 제1 도전형 클래드층 상면에 형성된 활성층;

상기 활성층 상면에 형성되며, 리지 구조 갖는 제2 도전형 클래드층; 및

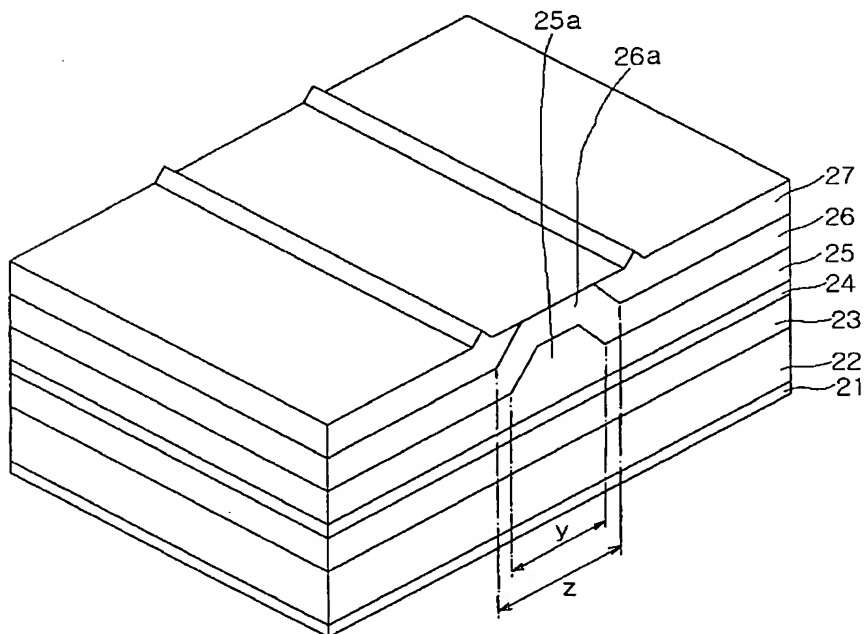
상기 제2 도전형 클래드층 상에 형성되며 제1 도전형 반도체 물질로 이루어지고, 상기 활성층에서 생성되는 광에너지보다 낮은 에너지 밴드 갭을 갖는 적어도 하나의 고차모드 흡수층과 상기 고차모드 흡수층보다 낮은 굴절을 갖는 적어도 하나의 굴절율 조절층이 교대로 적층된 구조를 갖는 광제한층을 포함하는 반도체 레이저 다이오드.

【도면】

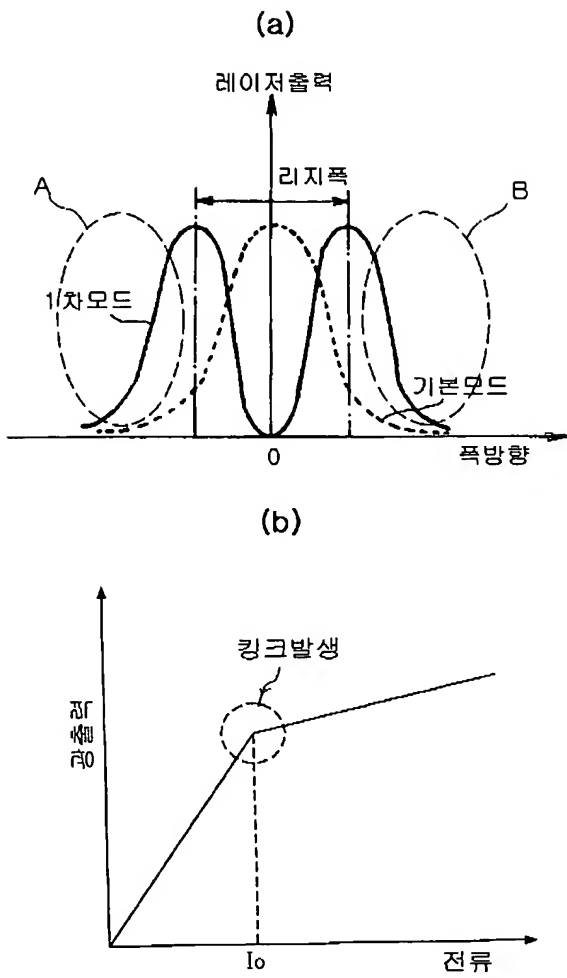
【도 1】



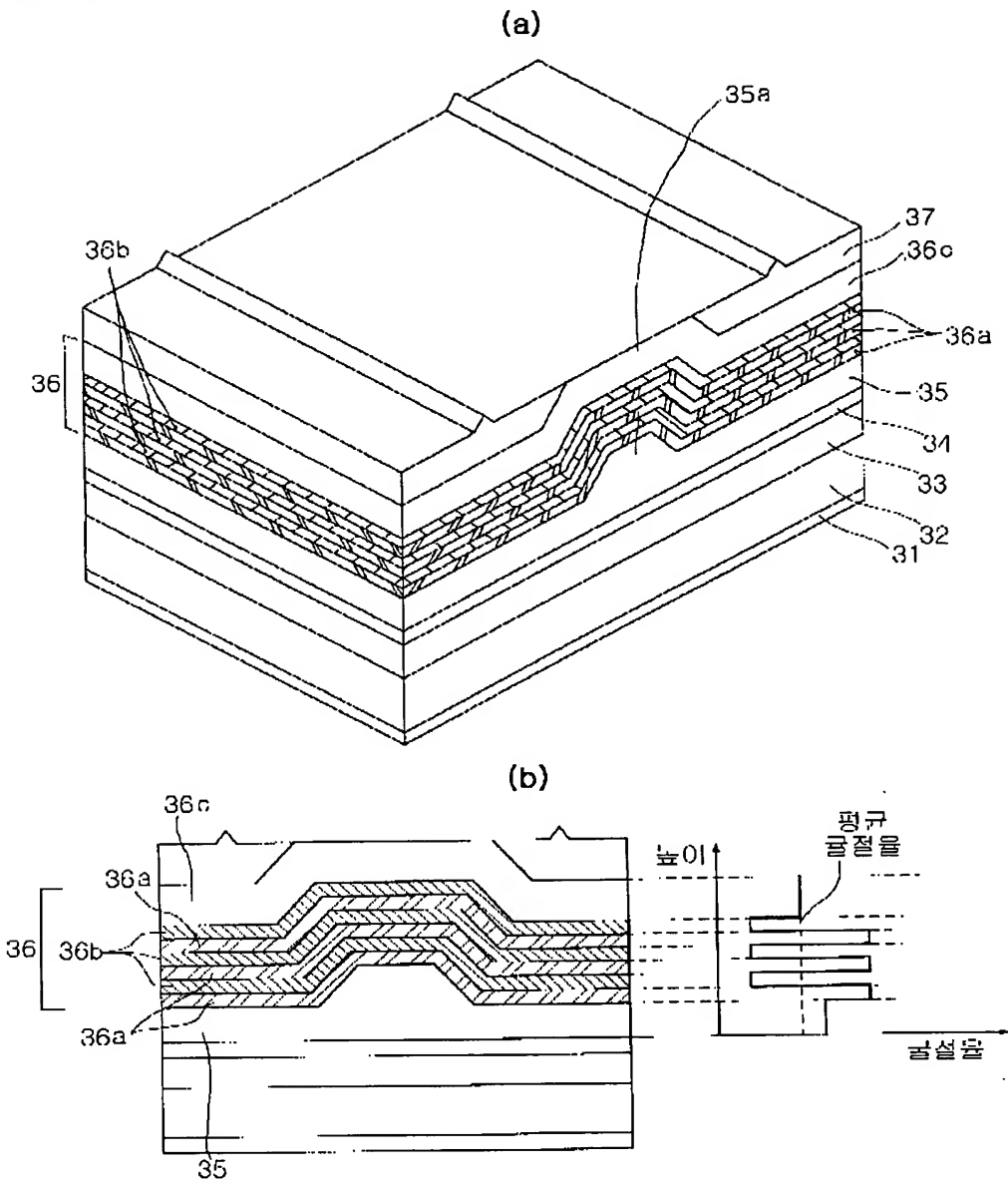
【도 2】



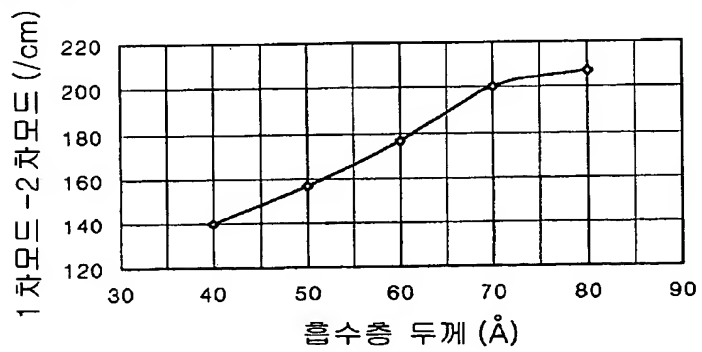
【도 3】



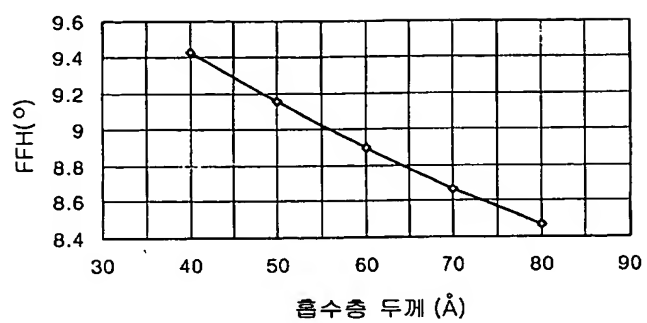
【도 4】



【도 5】



【도 6】



【도 7】

